

Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca como biomarcador de salud mental en población subclínica

Trabajo de Fin de Máster



Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

Autora: Aitana Navia López
Tutor: Ignacio Echegoyen Blanco
Máster en Psicología General Sanitaria

Madrid
Mayo 2023

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ECG = Electrocardiograma

HF = High Frequency

HRV = Heart Rate Variability

IBI = Intervalo entre latidos (Interbeat Interval)

LF = Low Frequency

RMSSD = Raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas (Root Mean Square of Successive Differences)

NV = Nervio Vago

SNC = Sistema Nervioso Central

SNA = Sistema Nervioso Autónomo

SNP = Sistema Nervioso Parasimpático

SNS = Sistema Nervioso Simpático

Índice de contenidos

RESUMEN	4
ABSTRACT	4
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.1. Medición y características del biomarcador HRV.	7
1.2. Índice de variabilidad de la frecuencia cardiaca como medida del tono vagal.	9
1.3. Alta frecuencia de HRV asociado a la salud.	10
1.4. Baja frecuencia de HRV asociado a la patología	11
1.5. Teorías explicativas: la teoría polivagal.....	12
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	15
3. MÉTODO	17
3.1. Procedimiento	17
3.2. Participantes	20
3.3. Instrumentos.....	20
3.4. Análisis de datos.	22
4. RESULTADOS	23
4.1. Análisis descriptivo.....	23
4.2. ANOVA de medidas repetidas.....	24
4.3. Análisis de correlaciones.....	28
4.4. Regresión lineal.....	30
5. DISCUSIÓN	31
5.1 Limitaciones y futuras líneas de investigación	33
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXO	40
GRÁFICOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES.....	40
GRÁFICOS DE LA HRV CALCULADO CON LN RMSSD.....	41
TABLAS DE ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS	42
MATRIZ DE CORRELACIONES	46

RESUMEN

La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (*Heart Rate Variability*; HRV) se considera un biomarcador para evaluar el funcionamiento del Sistema Nervioso Autónomo sobre el corazón. Según la teoría Polivagal de Stephan Porges, un mayor tono vagal se relaciona con una mayor capacidad para reaccionar de manera flexible a las señales cambiantes del ambiente, lo que indica una mayor resiliencia psicológica. Esta investigación reclutó a 54 participantes universitarios, evaluó sus niveles de ansiedad, neuroticismo y afecto positivo y negativo y registró experimentalmente su HRV durante una prueba de estrés social inducido. Los resultados no mostraron diferencias significativas en la HRV en función las variables de personalidad. Estos hallazgos permiten concluir que el biomarcador HRV no ha sido suficiente sensible para el diagnóstico en esta población por la sutileza de las diferencias entre las variables. Futuras investigaciones son necesarias para poder superar las limitaciones de la presente investigación y extrapolar esta conclusión.

Palabras clave: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, psicopatología, Sistema Nervioso Autónomo, población subclínica, condición experimental.

ABSTRACT

Heart Rate Variability (HRV) is considered as a biomarker to estimate the functioning of the Autonomic Nervous System on the heart. According to Stephan Porges' Polyvagal theory, higher vagal tone is associated with a greater ability to react to the environment flexibly, indicating greater resilience. This research recruited 54 participants, who were assessed their anxiety, neuroticism, and positive and negative

affect levels, and experimentally recorded their HRV during an induced social stress test. The results did not show significant differences in HRV based on personality variables. These findings lead to the conclusion that the HRV biomarker has not been sensitive enough for diagnosis in this population due to the subtle differences found. Future research is required in order to overcome the present limitations and to extrapolate these conclusions drawn.

Key words: Heart Rate Variability, psychopathology, Autonomic Nervous System, subclinical population, experimental condition.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La salud mental y su antagonista, la enfermedad psíquica, son constructos que varían y evolucionan a lo largo de la historia, así como lo hacen sus formas de medirla o evaluarla. Según el momento cronológico y cultural, determinados signos o síntomas son considerados como no-saludables o no “normales”, y este juicio, a su vez, se emite desde distintos tipos de instrumentos diagnósticos o protocolos de evaluación creados bajo el paradigma correspondiente (Beauchaine y Thayer, 2015).

Desde la nosología psiquiátrica actual, los trastornos son considerados como entidades discretas originadas por causas únicas e independientes. La evaluación de estos trastornos psicológicos se lleva a cabo mayoritariamente mediante autoinformes realizados subjetivamente por el propio paciente o por entrevistas clínicas llevadas a cabo por el profesional. Esto nos lleva a admitir que, en el ámbito de la psicología, el sistema diagnóstico imperante se rige desde sus inicios por protocolos de evaluación de carácter autorrevelador y/u observacional, seguidos de un resultado diagnóstico categorial e independiente (Caspi y Moffitt, 2018).

No obstante, más allá de la observación sintomatológica, los avances en la ciencia y el conocimiento sobre la conexión mente-cuerpo, han permitido obtener nuevos indicadores de carácter más transdiagnósticos y fisiológicos que revelan el estado de salud de una persona (Heiss et al., 2020). De todos ellos, cabe destacar el índice psicofisiológico de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV). Este índice es una medida de la variación en el tiempo que transcurre, en milésimas de segundos, entre los intervalos de los latidos cardíacos consecutivos, o lo que es lo mismo, la medida de la variación del

tiempo que transcurre entre respuesta y respuesta (R y R) (Veloza et al., 2019). Esto, a su vez, se debe a que el pulso no es algo estático, sino complejo e impredecible por múltiples causas tal y como refleja el complejo QRS en los electrocardiogramas. Este complejo proporciona información sobre la actividad del corazón relacionada con la despolarización ventricular siendo su duración, amplitud y morfología indicadores de cambios en la conducción eléctrica del corazón (ver Figura 1). De esta forma, la HRV se obtiene a partir de los intervalos de tiempo R-R del complejo QRS extraídos de un electrocardiograma (ECG).

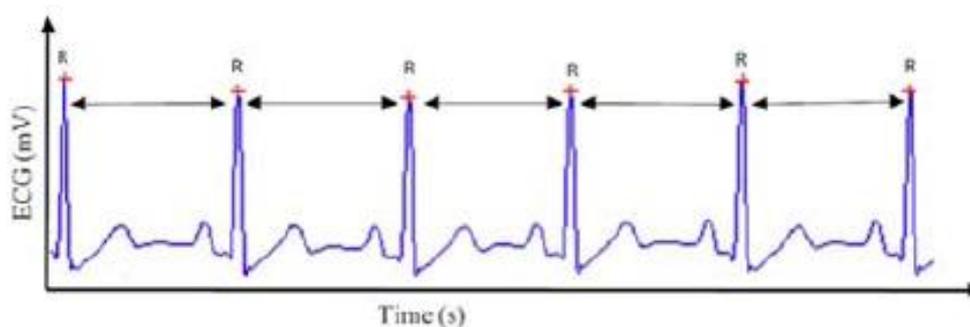


Figura 1. Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV) sacada a partir del complejo QRS de una señal de ECG (adaptada de Laborde, et al., 2017).

1.1. Medición y características del biomarcador HRV.

Existen varias metodologías para medir la HRV:

1. Análisis del dominio del tiempo: Esta metodología cuantifica la variabilidad en las mediciones del intervalo entre latidos (IBI), que es el período de tiempo transcurrido entre latidos cardíacos sucesivos. Algunas medidas comunes son la desviación estándar de los intervalos (SDNN) o la raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas (RMSSD) entre otros. Estos valores pueden expresarse en unidades originales o en su logaritmo natural para lograr una distribución más normal (Shaffer y Ginsberg, 2017). En concreto, el presente trabajo de

investigación hará uso de la RMSSD como medida de la variabilidad de la HRV en un período de tiempo específico que se utilizará para estimar la función del SNA sobre la frecuencia cardíaca. Valores más altos de RMSSD se asocian con una función autónoma cardíaca más saludable (Shaffer et al., 2017).

2. Análisis del dominio de la frecuencia: Las mediciones en el dominio de la frecuencia estiman la distribución de la potencia absoluta o relativa en cuatro bandas de frecuencia propuestas por la Sociedad Europea de Cardiología y la Sociedad Norteamericana de Marcapasos y Electrofisiología (1996): frecuencia ultrabaja (ULF: ≤ 0.003 Hz), frecuencia muy baja (VLF: 0.0033–0.04 Hz), frecuencia baja (LF: 0.04–0.15 Hz) y frecuencia alta (HF: 0.15–0.40 Hz) (Shaffer y Ginsberg, 2017). Por otro lado, el cálculo de la ratio LF/HF representa una estimación de la influencia del SNA sobre el corazón. Los valores más altos indican que el SNS está ejerciendo más control sobre el sistema cardiovascular, mientras que las proporciones más bajas indican que es el SNP el que ejerce mayor control. No obstante, Shaffer et al., (2017) advierten de su controvertida interpretación pues los valores obtenidos son distintos en función de la duración de medida y estos mantienen una correlación débil entre sí.

Aunque existen otras medidas de HRV, no serán comentadas ni utilizadas en el presente trabajo.

Por lo que respecta a la duración de la medida de HRV, la Sociedad Europea de Cardiología junto con la Sociedad Norteamericana también crearon estándares para asegurar la comparabilidad entre estudios y las replicaciones (Laborde et al., 2017). Así se distinguen medidas a largo plazo (medición durante 24h), a corto plazo (>5 min) o ultra corto (<5 min) (Shaffer y Ginsberg, 2017). Aunque este último presenta

controversias por su fiabilidad y validez, recientemente algunos estudios han demostrado que un registro de 1 min en RMSSD es suficiente para obtener buenas estimaciones (Esco y Flat, 2014). No obstante, estas mediciones no son sustituibles entre sí ya que el significado fisiológico puede diferir significativamente. Los registros más largos representan mejor los procesos con fluctuaciones más lentas (p. ej., los ritmos circadianos) y los más cortos representan mejor las respuestas a pequeñas cargas de trabajo o estímulos ambientales. Por tanto, los valores a corto y ultracorto plazo no son intercambiables con los valores de 24 h (Shaffer y Ginsberg, 2017). Estas duraciones se deben adaptar a los fines y necesidades de la investigación. Sea como fuere, la duración de la medición tiene un gran impacto tanto en los valores de dominio de tiempo como en los de frecuencia de la HRV (Shaffer et al., 2014)

1.2. Índice de variabilidad de la frecuencia cardiaca como medida del tono vagal.

Además de ser una medida de la fluctuación de la duración de los intervalos de latidos del corazón, y aportar información descriptiva sobre el funcionamiento del mismo, la HRV es un índice que refleja la actividad del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) (Malik, 1996 como se citó en Laborde, et al., 2017; Chapleau y Sabharwal, 2011) sobre el organismo, debido a la inervación del corazón por el Nervio Vago (NV). El NV es el décimo nervio craneal del SNA, nace del tronco encefálico y discurre por la mayoría de los órganos del cuerpo, incluyendo el sistema gastrointestinal, cardiovascular, los bronquios, la laringe y faringe, y los oídos, entre otros (Field y Diego, 2008). Su extensión, junto con su composición de fibras aferentes (transportadoras de información sensorial) y eferentes (información motora), lo convierten en un componente clave para

la regulación del SNA, la regulación emocional y el control cognitivo (Bauchine y Thayer, 2015; Thayer y Lane, 2008), ya que actúa de intermediario entre la información interoceptiva y la exteroceptiva conectando cerebro, vísceras, corazón y pulmones.

Por tanto, el HRV evalúa el modo en el que el SNA de un individuo ejerce fuerza sobre el corazón según lo indicado por las variaciones en los intervalos de tiempo entre cada latido cardíaco sucesivo.

Al contrario de lo que se pudiera pensar y en palabras de Shaffer y Ginsberg (2017), “un corazón sano no es aquel que funciona como un metrónomo. Más bien, las oscilaciones de un corazón saludable se encuentran en constante cambio” (p.1). Este fenómeno tiene una importante función: mantener al sistema cardiovascular preparado para ajustarse rápidamente a los desafíos físicos y psicológicos repentinos, y volver a un estado de homeostasis lo más rápido posible. Esto es, el HRV nos da un indicador del tono vagal, y, en consecuencia, representa la capacidad del individuo para dar una respuesta fisiológica dinámica, integrada y flexible a las demandas internas y ambientales (Heiss, 2021; Shaffer y Ginsberg, 2017).

Por consiguiente, el tono vagal -como representante de la actividad del SNA- se presenta como indicador de la capacidad de adaptación fisiológica, emocional, cognitiva y conductual (Beauchine y Thayer, 2021; Heiss et al., 2015; Schaffer y Ginsberg, 2017) de un individuo, y por tanto constituye un importante marcador del estado de salud física y mental de una persona.

1.3. Alta frecuencia de HRV asociado a la salud.

Han pasado más de dos décadas desde que se comenzaron a estudiar con herramientas más sofisticadas las relaciones entre el corazón y los procesos psicológicos,

incluyendo las manifestaciones de psicopatología (Thayer y Lane, 2008). Este considerable número de proyectos de investigación han demostrado que una alta HRV (High Frequency, HF:0,15-0,4 Hz) correlaciona con ajustes psicológicos positivos en niños, adolescentes y adultos (Shaffer y Ginsberg, 2017; Beauchaine y Thayer, 2015; Porges, 2007).

Así lo prueban Field y Diego (2008), y Geisler et al., (2015), quienes concluyen que una alta HRV correlaciona con competencia, participación social y mejores capacidades de autorregulación. También ha resultado ser un indicador de la resiliencia de un individuo (Nolty, et al., 2020; Perna et al., 2020) y del grado de tolerancia o vulnerabilidad al estrés (Kim, et al., 2018; Porges, 1992; Porges, 1995). Altos niveles en reposo del tono vagal cardíaco (HF-HRV) están asociados con buenas capacidades atencionales (atención sostenida) en niños (Suess, et al., 1994), mejores funciones ejecutivas y rendimiento cognitivo (memoria de trabajo y velocidad de procesamiento) (Thayer et al., 2009), más interacciones positivas con el grupo de iguales (Diamond et al., 2012 como se citó en Beauchaine y Thayer 2021), y mayor regulación conductual durante desafíos sociales (Hastings et al., 2008).

1.4. Baja frecuencia de HRV asociado a la patología

Como es de esperar, esta relación positiva, también se ha encontrado a la inversa: una frecuencia anormalmente baja (Low Frequency, LF: 0,04-0,15 Hz) en reposo y durante cualquier desafío -principalmente emocional-, está asociada con síntomas de psicopatología tanto internalizante como externalizante que incluyen cuadros de ansiedad (Chalmers, et al., 2014), fobias, problemas atencionales, trastorno de pánico, (Beauchaine y Thayer, 2015), trastorno por consumo de alcohol (Quintana, et al., 2013), autismo (Neuhaus, 2014), problemas de conducta, depresión (Hamilton y Alloy, 2016; Kemp, et

al., 2010), anorexia nerviosa y bulimia (Heiss, et al., 2021), psicopatía (Hansen, et al., 2007) y esquizofrenia (Clamor et al., 2016), entre otros.

Esta larga lista sugiere que HRV excesivamente bajas o excesivamente altas durante desafíos emocionales, se presentan como al menos uno de los mecanismos subyacentes interrumpidos en la capacidad autorreguladora característico de diversas formas de psicopatología (Beauchaine y Thayer, 2021).

Por toda la evidencia anterior, el marcador HRV es considerado por un creciente número de autores como un “biomarcador transdiagnóstico de psicopatología” (Beauchaine y Thayer, 2015).

1.5. Teorías explicativas: la teoría polivagal

Según lo revisado por Shaffer et al., (2014) existen cinco teorías que estudian el indicador fisiológico de la variabilidad de la frecuencia cardiaca y su mecanismo subyacente. De todas ellas, en el presente trabajo se desarrollará una, por ser la que mejor explica este biomarcador en un marco psicológico, y que, por tanto, permite explicar las asociaciones encontradas entre el tono vagal y la psicopatología asociada.

La teoría Polivagal de Stephen W. Porges (1995) aporta una explicación neurofisiológica de cómo el cuerpo, a través del SNP, y la mente a través del sistema nervioso central (SNC), se mantienen interrelacionados entre sí y con el contexto social en el que ambos tienen lugar (Porges, 2007). Bajo esta teoría, el SNA es considerado como un sistema compuesto por nervios vagales especializados: al menos dos vías motores o eferentes, que viajan del cerebro al cuerpo, y dos vías sensitivas o aferentes, que viajan del cuerpo al cerebro (Porges, 2005; 1995). Estos nervios vagales regulan conductas y estados antagonistas: el estado de seguridad y el de alerta. Porges encuentra

la explicación de estos dos estados psicológicos en el estudio filogenético del SNA y de su función (detectar si un organismo puede estar relajado o debe estar en alerta) (Porges, 2007).

A medida que los organismos vertebrados se enfrentaban a desafíos más complejos, los sustratos neurofisiológicos de la conducta fueron evolucionando hasta pasar de las respuestas más primitivas, a las más sofisticadas, típicas del ser humano (como la interacción social). Adaptarse a estas nuevas demandas ha dado lugar a tres rutas, sistemas o mecanismos del SNA (Porges, 2007):

- a) Sistema de inmovilización o congelamiento: Constituye la respuesta de defensa del SNA más primitiva y es compartida con los reptiles y con el resto de los mamíferos. Se activa ante el peligro inminente y la conducta asociada es la inhibición del movimiento. En humanos, este sistema se asocia a las conductas disociativas típicas del trauma y el estrés postraumático. Este sistema surge de las vías que se originan en el núcleo motor dorsal del vago (NDV) en el tronco encefálico y no están mielinizadas (Mulkey y du Pleissis, 2019).

A medida que los reptiles evolucionaron hacia los mamíferos, el SNA se adaptó para responder ante el miedo no solo con inmovilización, sino también con acción.

- b) Sistema de movilización: Este sistema solo lo presentan los animales mamíferos. Se trata de otro mecanismo de alarma ante la percepción de peligro. A diferencia del anterior, las conductas asociadas son las de lucha y huida, típicas de los estados de estrés y ansiedad. En este estado hay

agitación, tensión y acción y está controlado por las fibras del cordón espinal del SNS.

- c) Sistema de conexión social. Este surge ante la necesidad de interactuar y establecer vínculos con otros seres humanos, y se activa ante señales de calma y seguridad. Las conductas asociadas son el comportamiento prosocial y las funciones voluntarias asociadas a la atención, el movimiento y la comunicación (Porges, 2007). Bajo este estado se dan el aprendizaje, la reparación y la relajación. A diferencia del resto de sistemas, las fibras de este surgen del núcleo accumbens, están mielinizadas, posibilitando una regulación neurovisceral (cerebro-órganos) más rápida y eficiente (Mulkey y du Pleissis, 2019).

Estos tres sistemas actúan como un gran y complejo mecanismo de alarma que integra información tanto del interior del organismo (neurocepción), como del exterior, a través de nuestros sentidos, y despliega la respuesta más adaptativa; ya sea la de seguridad para interactuar, la de movilización para defenderse en forma de lucha o huida, o la de paralización para preservar la vida. Lo importante no es lo mucho o poco que se active uno de los sistemas, sino la respuesta flexible y adaptada al entorno entre los tres.

El principal mecanismo regulador entre estas tres respuestas es el denominado freno vagal (Porges, 2007), compuesto por las fibras mielinizadas del sistema de conexión social. Cuando estas fibras funcionan de forma eficiente, el organismo es capaz de mostrar una regulación fisiológica flexible que le permite inhibir o desinhibir la influencia vagal al corazón y dar respuestas conductuales adaptadas a las demandas de cada situación, así como recuperar con flexibilidad el estado de homeostasis fisiológica. Si por el contrario el freno vagal no funciona adecuadamente, el organismo tendrá dificultades para activar

el sistema de conexión social y de relajación cuando corresponda, o desplegará un repertorio conductual defensivo cuando no es así (Porges, 2007).

Las respuestas del organismo incongruentes con las señales del contexto generan graves consecuencias en la vida de las personas (Porges.,2007): desde problemas físicos por una actividad excesiva del SNS y una hiperactivación del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA) y psicológicos (sensación subjetiva de malestar), hasta problemas en las interacciones sociales, como, por ejemplo, mayor reactividad e irritabilidad, aislamiento, escasez o pobreza de vínculos, etc.

El estado de este freno vagal se puede estimar a través de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV). Como se ha comentado anteriormente, una alta HRV significa tono vagal elevado (seguridad), mientras que una baja HRV se asocia con bajo tono vagal (alarma) y riesgo de enfermedad (Thayer et al., 2010; Mulkey y du Pleissis, 2018).

Por tanto, bajo la presente teoría, compatible también con el modelo neurovisceral integrador de Thayer y Lane (2000), la HRV representa el estado neurofisiológico en el que se encuentra un ser humano, y, por tanto, se propone como un biomarcador del estado de adaptación del mismo (Geisler, et al., 2013; Mulkeyk, et al., 2018).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Tomando en consideración el contexto teórico expuesto, el presente proyecto de investigación pretende poner a prueba si el biomarcador HRV también se correlaciona con la salud en población subclínica. Para ello, se han recopilado puntuaciones de ansiedad, de neuroticismo, y de afecto negativo y positivo de personas que no cumplen ningún diagnóstico clínico y se han correlacionado con distintas medidas de HRV durante

la realización de una adaptación del protocolo Trier Social Stress Test (Williams, y Hagerty, 2004), que permite medir la HRV en tres estados diferentes: reposo (baseline), estrés y post estrés (recovery). La finalidad de medir en estas tres condiciones es observar los cambios psicofisiológicos entre los distintos estados de calma o estrés inducido y la capacidad, más lenta o más rápida, de volver a la puntuación basal (homeostasis) en relación con las variables de personalidad tras la situación estresante.

Por tanto, se persiguen los siguientes objetivos:

- Explorar empíricamente la relación entre HRV y variables asociadas a psicopatología en población subclínica.
- Comprobar empíricamente si la HRV podría utilizarse como un biomarcador de salud o psicopatología en población subclínica.
- Analizar si existen correlaciones significativas entre las diferencias individuales en las influencias vagales (HRV) y las diferencias en las distintas variables psicológicas.

A la vista del marco teórico expuesto anteriormente, se pueden establecer dos hipótesis principales:

1. Una HRV alta indica que el corazón está funcionando bien, y que el SNA se está adaptando a las demandas que se le exigen. Por tanto:
 - a) las personas con una HF-HRV (0,15-0,4 Hz) más alta obtendrán puntuaciones más bajas en ansiedad, neuroticismo y afecto negativo, y más altas en afecto positivo.
 - b) Estas personas mostrarán una diferencia menor entre su puntuación HRV pre y su puntuación post.

- c) Durante la realización de la tarea, mantendrán unos niveles más intermedios que las personas con HF-HRV más baja
2. Una HRV más baja, a su vez, puede ser una señal de adaptación anormal o insuficiente, por lo que las personas con una LF-HRV más baja (0,04-0,015Hz):
- a) Obtendrán puntuaciones más altas en ansiedad, neuroticismo y afecto negativo, y más bajas en afecto positivo.
 - b) Asimismo, en estas personas existirá mayor diferencia entre la HRV pre y post.
 - c) Durante la tarea psicológicamente estresante, llegarán a niveles más extremos que los participantes con HF-HRV.

3. MÉTODO

3.1. Procedimiento

En este estudio, se utilizó un enfoque metodológico que combina elementos del método experimental y correlacional de medidas repetidas. Se siguieron los procedimientos típicos de los estudios de la HRV que incluye tres momentos de medición: reposo (fase pre), reactividad (tarea experimental) y recuperación (fase post) (Laborde et al., 2014). Además, se evaluaron las variables psicológicas de personalidad utilizando los cuestionarios STAI, NEO-FFI y PANAS.

La tarea experimental llevada a cabo en este estudio consistió en la inducción de estrés utilizando una adaptación del protocolo Trier Social Stress Test (TSST), desarrollado por Kirschbaum, Wust y Hellhammer (1992). Este protocolo ha sido

ampliamente replicado y ha demostrado ser un método confiable y válido para generar estrés psicológico (Allen et al., 2017).

El TSST original consta de tres fases: S1- preparación de la presentación; S2- presentación y S3- tarea aritmética, cada una con una duración de 5 minutos. En la primera fase, los participantes son instruidos para preparar un discurso persuasivo con el objetivo de convencer a un jurado compuesto por tres miembros de que son el candidato ideal para un puesto de trabajo. Esta fase concluye cuando se incita al participante a comenzar su presentación.

Una vez finalizado este tiempo, los participantes son sorprendidos con una tarea aritmética durante los últimos 5 minutos. La tarea consiste en restar consecutivamente el número 13, comenzando por el número 1022. En caso de cometer un error, el jurado indica que se debe reiniciar la resta desde el número de comienzo.

En la adaptación del TSST realizada en este estudio, se llevaron a cabo modificaciones específicas. Se redujo la duración de cada fase a 2, 3 y 2 minutos, respectivamente. Además, se limitó el jurado a la autora de la investigación y se eliminó la presencia de cámaras o grabadoras.

Para medir la HRV, se recogió la señal cardíaca en todas las fases del estudio a través de un sensor de pletismografía. Se daban las instrucciones expuestas a continuación:

Tabla 1

Consignas de la condición experimental a lo largo de los 15 minutos.

Fase 1. Pre, medida basal Tiempo: 4 mins	“Ahora vas a tener un tiempo para ti. Puedes hacer respiraciones diafragmáticas o pensar en lo que quieras; la idea es poder medir tu tasa cardiaca en un estado de reposo. Estaremos unos minutos así hasta que te avise”.
Fase 2: Reactiva o de estrés Tiempo: 7 mins	S1: “Ahora te voy a pedir que te imagines que te encuentras en un proceso de selección para un puesto de trabajo ideal, el que quieras; Vas a tener que prepararte una presentación para convencerme de que eres el mejor candidato. Se evaluará el contenido y la forma del discurso. Tienes unos minutos hasta que te avise” (2 mins). S2: “Muy bien, cuando quieras puedes empezar a presentarte” (3 mins) S3: “Bien. Ahora se van a evaluar tus aptitudes aritméticas. Tienes que restar 13 empezando por 1022 sucesivamente. Cada vez que cometes un error, yo te diré “1022”, que significa que volvemos a empezar” (2 mins)
Fase 3: Post, recuperación Tiempo: 4 mins	“Gracias. Ya hemos acabado. Ahora necesito que vuelvas al estado de reposo inicial, unos minutos más hasta que te avise”.

Adaptación del protocolo Treir Social Stress Test (Kirschbaum, et al., 1992).

Posteriormente, se hará referencia a las fases pre, S1, S2, S3 y post como los distintos niveles de estrés.

Durante todo el procedimiento, se mantuvieron las mínimas interacciones entre el participante y la investigadora hasta que el sensor del dedo se retiraba y se brindaba la oportunidad de responder o aclarar cualquier pregunta que el participante pudiera tener. Además, con el objetivo de mantener una expresión facial lo más neutral posible y

preservar el carácter ansiógeno de la tarea, la investigadora utilizó una mascarilla facial hasta la despedida del participante.

3.2. Participantes

Se reclutó a un total de 60 participantes universitarios de manera voluntaria para formar parte de esta investigación. El reclutamiento se realizó en cuatro momentos distintos, a través de la presentación del estudio en clases universitarias de la Universidad Pontificia de Comillas, con previo consentimiento del profesor responsable. Durante estas presentaciones, se proporcionó información a los participantes sobre el propósito de la investigación y se les solicitó que completaran un formulario de Google Forms. Este formulario incluía las preguntas de los tres cuestionarios utilizados en el estudio, así como una serie de preguntas sociodemográficas, como la edad, género, nivel de estudios universitarios, nacionalidad, y tres preguntas adicionales relacionadas con el objeto de estudio: ser o no fumador, y encontrarse o no bajo tratamiento psicológico, psiquiátrico o farmacológico.

Antes de finalizar el cuestionario, un link conducía a los participantes a seleccionar una fecha utilizando la herramienta de programación de reuniones Calendly. Esto permitió programar la realización de la tarea experimental de 15 minutos de duración en el laboratorio de la Facultad de Psicología de Cantoblanco.

3.3. Instrumentos

Además del protocolo TSST y del sensor que registraba la frecuencia cardiaca conectado a una tarjeta de adquisición de datos y al software LabChart, se utilizaron los siguientes instrumentos psicométricos para la evaluar las variables independientes psicológicas de la muestra: ansiedad rasgo, neuroticismo y afecto positivo y negativo.

- Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo (STAI): es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la ansiedad en adultos creada por Spielberger, et al., en 1970 y adaptada al español por Guillén-Riquelme y Buela Casal (2011). Este consta de dos dimensiones: ansiedad estado y ansiedad rasgo. Los estudios realizados con muestras españolas reportan una buena consistencia interna con un *alpha* de Cronbach de .9 para la dimensión de rasgo y .94 para la ansiedad estado (Guillén-Riquelme y Buela-Casal, 2011). Dado que no es un objetivo de la investigación conocer el nivel ansiedad en el momento específico de la evaluación, sino la tenencia del evaluado a percibir los estímulos como ansiógenos o no, solo se hizo uso de la dimensión ansiedad rasgo. Esta se compone de 20 ítems con una escala de respuesta de tipo Likert con 4 alternativas (desde la 0 hasta la 3 en la versión española). El rango de la puntuación final oscila entre 0 y 60, correspondiendo una mayor puntuación con un mayor nivel de ansiedad.

- Subescala de Neuroticismo de la versión corta del cuestionario NEO- Five Factor Inventor (NEO-FFI), también uno de los instrumentos más utilizados para evaluar la personalidad. Fue creado en 1992 por Costa y McCare y adaptado al español por Aluja, Blanch, Solé, Dolcet y Gallart, (2009). Esta subescala del NEO-FFI consta de 12 ítems con 5 alternativas de respuesta en formato Likert. La dimensión de Neuroticismo del NEO-FFI tiene una fiabilidad robusta, con un coeficiente alfa de Cronbach de .81 (Aluja et al., 2009).

- Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS) creada por Watson, et al., en 1988. La escala evalúa dos dimensiones principales del afecto: el afecto positivo y el afecto negativo. La adaptación al español del PANAS fue realizada Joiner, et al., (1997) quienes así mismo comprobaron unas excelentes propiedades psicométricas. Recientemente, la investigación de López-Gómez, et al., (2015) encontraron un

coeficiente alfa de Cronbach de .92 para la dimensión de afecto positivo y de 0,88 para la escala de afecto negativo en una muestra española de 1021 sujetos. Cada subescala contiene 10 ítems y en ellos los participantes deben indicar en qué medida experimentan cada emoción o estado afectivo utilizando una escala de respuesta de tipo Likert del 1 a 5, donde 1 representa "muy poco" y 5 representa "mucho".

3.4. Análisis de datos.

Tras recopilar todos los datos de las variables psicológicas mediante un cuestionario en línea y de la variable psicofisiológica HRV utilizando un sensor conectado al software LabChart, se procedió a codificar todas las variables. En el caso de las variables psicológicas, se obtuvieron las puntuaciones totales de cada participante en cada escala, generando una matriz de datos en formato Excel.

Por otro lado, los datos registrados de HRV de cada participante se transformaron para obtener diferentes índices para cada una de las 5 fases de la condición experimental: fase pre, fase estresante (S1-preparación, S2-presentación y S3-tarea aritmética) y fase post o de recuperación. Los índices de HRV incluyeron el logaritmo natural del índice temporal RMSSD, así como los índices en frecuencia LF y HF. A partir de los valores obtenidos de HF y LF, se calculó la ratio LF/HF, que proporciona información sobre el equilibrio entre el SNS y el SNP en el funcionamiento cardíaco.

Una vez obtenidos todos estos valores para cada participante en cada fase del experimento y presentados en una misma base de datos, se realizó el análisis estadístico utilizando el software Jamovi (Jamovi Team, 2021), versión 2.3.2.1.

Los análisis llevados a cabo incluyeron el Análisis de Varianza de Medidas Repetidas para contrastar las hipótesis propuestas relacionadas con las diferencias en la

HRV a lo largo de las fases de estrés en función de cada una de las distintas variables de personalidad medidas; correlaciones de Pearson para analizar el tipo de relaciones existentes entre la variable independientes de personalidad y la variable dependiente psicofisiológica. Por último, el análisis estadístico incluyó análisis de regresión lineal para comprobar si la variable HRV es válida como predictor de salud mental en la población subclínica del presente estudio.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo.

La muestra inicial de 60 participantes se redujo a 54 ($N=54$) por un registro inadecuado de la señal HRV. De estos 54 participantes, 43 eran mujeres (79,63%) y 11 hombres (20,37%). La nacionalidad de la muestra era predominantemente española menos un 11% que eran mujeres latinoamericanas de Argentina (1,8%), de Perú (5,5%), de Chile (1,8%) y de Ecuador (1,8%). El rango de edad de la muestra oscilaba entre los 18 y los 38, no obstante, la mayor parte de la muestra se encontraba alrededor de los 21 años con una media (desviación típica) de 21,9(3,23). El 100% de la muestra era población universitaria de la Universidad Pontificia de Comillas (87%) o de la Universidad Autónoma de Madrid (13%). Por lo que respecta a la variable sociodemográfica “recibir tratamiento o no”, el 76% de la muestra confirmó no encontrarse en el momento de la investigación bajo tratamiento psicológico, psiquiátrico o farmacológico.

Tabla 1.

Análisis descriptivo de todas las variables. Media y Desviación típica.

Descriptivas		
	Media	DE
Edad	21.907	3.235
STAI_R	22.407	8.588
AF_POS	32.685	6.971
AF_NEG	20.722	6.070
Neuroticismo	21.407	8.826
lnRMSSD_pre	4.008	0.454
lnRMSSD_s1	3.723	0.450
lnRMSSD_s2	3.962	0.503
lnRMSSD_s3	3.813	0.498
lnRMSSD_post	3.948	0.465
lf_pre	0.811	0.331
lf_s1	0.777	0.321
lf_s2	0.957	0.351
lf_s3	0.900	0.305
lf_post	0.829	0.301
hf_pre	0.859	0.437
hf_s1	0.852	0.387
hf_s2	0.917	0.406
hf_s3	0.819	0.326
hf_post	0.765	0.278

Notas: STAI_R = STAI Rasgo; AF_POS = Afecto positivo; AF_NEG = Afecto negativo; lnRMSSD_pre, s1, s2, s3 y post = Logaritmo neperiano del índice raíz cuadrada de la media de las diferencias sucesivas de las distintas fases; lf_pre, s1, s2, s2 y post = índice Low Frequency de la HRV; hf_pre, s1, s2, s3 y post = índice High Frequency de la HRV.

4.2. ANOVA de medidas repetidas.

Con este análisis se pretende comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas variables independientes y la HRV de los participantes en los distintos momentos de la condición experimental. Es decir, si un nivel más alto o

más bajo de ansiedad, neuroticismo o afecto positivo y negativo influyen en los valores HRV.

Para todas las ANOVAS, se asumió el supuesto de esfericidad ($\epsilon=0,574$) (Ver tabla 13 en anexo).

Los resultados arrojaron una ausencia de diferencias significativas para todas las variables independientes y la HRV LnRMSSD de este estudio (Tabla 2) tanto a nivel intra como inter sujeto menos para la variable ansiedad-rasgo. Esto indica que las diferencias en las variables independientes neuroticismo, afecto negativo y afecto positivo no son suficientemente grandes como para impactar significativamente en la HRV, tanto a nivel intrasujeto (a lo largo de la tarea experimental las variables independientes no afectan en la HRV significativamente) como a nivel inter sujeto (las puntuaciones en las variables independientes de todos los sujetos de la muestra mantienen poca variabilidad).

Por el contrario, el valor LnRMSSD HRV varía a lo largo de los distintos niveles de estrés en función de los valores ansiedad rasgo $F(4,116)=5.91, p=.035$.

Tabla 2.

Resumen de los resultados de las ANOVAS de medidas repetidas entre cada una de las Variables Independientes y las puntuaciones HRV de las distintas fases. Efectos intrasujetos.

	F	p	η^2p
Nivel de estrés*STAI	1,42	0,035	0,541
Nivel de estrés *AF_POS	0,851	0,791	0,395
Nivel de estrés * AF_NEG	0,893	0,706	0,351
Nivel de estrés *Neuroticismo	1,17	0,215	0,586

La corrección de Bonferroni (ver tabla 14 en anexos) esclarece que la diferencia significativa se encuentra entre las fases pre y S1. Es decir, que las únicas diferencias significativas en HRV en función del nivel de ansiedad, se observan únicamente entre las fases pre y S1. En el resto de las fases, los cambios en el estrés son constantes para todos los sujetos.

En consonancia con estos resultados, en el resto de ANOVAS con las distintas variables independientes y con la propia variable dependiente (LnRMSSD), también mostraron diferencias significativas a lo largo de la condición experimental $F(4, 212)=6,28, p<.001$ (ver Tabla 3).

Tabla 3.

ANOVA de medidas repetidas para la variable dependiente nivel de estrés.

Efectos Dentro de los Sujetos						
	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
Nivel de estrés	3.04	4	0.759	6.38	<.001	0.107
Residual	25.24	212	0.119			

Nota. Suma de Cuadrados Tipo 3

El análisis Post Hoc (ver tabla 15 en anexos) vuelve a esclarecer que la diferencia significativa se encuentra entre las fases pre y S1. Estos resultados indican que el protocolo TSST sí fue eficaz en cuanto a la inducción de estrés. Siendo la fase que mayor estrés generó la S1 de preparación del *speech* (ver Figura 2). En relación a todas las teorías explicativas sobre la ansiedad, este resultado apunta a que lo que más disforia genera en las personas es la anticipación de una tarea y la preocupación sobre la misma.

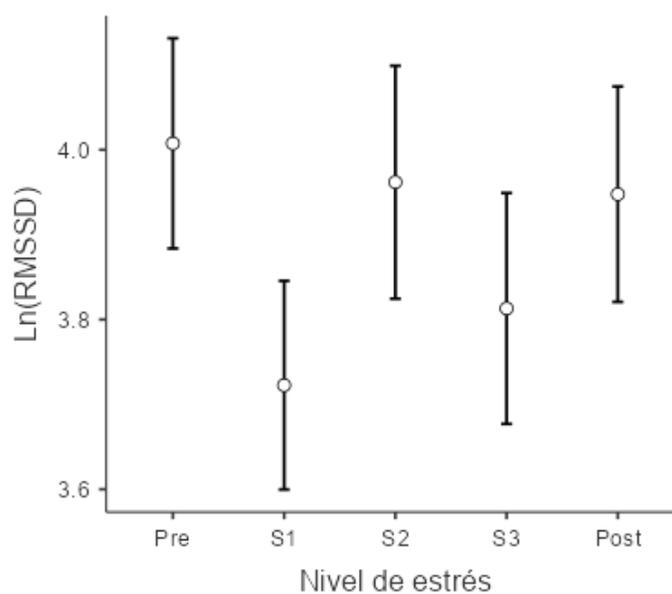


Figura 2. Medias marginales estimadas.

4.3. Análisis de correlaciones.

Se llevaron a cabo distintas correlaciones de Pearson entre las variables con la finalidad de conocer el tipo de relaciones entre las mismas.

Como era de esperar, el afecto negativo, el neuroticismo y a ansiedad correlacionan positivamente entre sí y negativamente con el afecto positivo.

Tabla 4.

Matriz de correlaciones entre las variables independientes.

Matriz de Correlaciones

		STAI_R	AF_POS	AF_NEG	Neuroticismo
STAI_R	R de Pearson	—			
	valor p	—			
AF_POS	R de Pearson	-0.633 ***	—		
	valor p	< .001	—		
AF_NEG	R de Pearson	0.622 ***	-0.364 **	—	
	valor p	< .001	0.007	—	
Neuroticismo	R de Pearson	0.823 ***	-0.481 ***	0.725 ***	—
	valor p	< .001	< .001	< .001	—

Nota. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Por el contrario, el neuroticismo, al contrario de lo que se hipotetizaba, y en la misma línea de los resultados anteriores, no influye significativamente en las puntuaciones ln_RMSSD pre y post (Tabla 5). Es decir, ser más o menos neurótico no impacta en tener unas puntuaciones pre – post muy diferenciadas $r(54)=.109$, $p=0,430$.

Tabla 5.

Matriz de correlación entre la diferencia de la puntuación pre – post en función del neuroticismo.

Correlation Matrix			
		diff_InRMSSD	Neuroticismo
diff_InRMSSD	Pearson's r	—	
	p-value	—	
Neuroticismo	Pearson's r	0.109	—
	p-value	0.430	—

Este resultado es igualmente aplicable para el resto de las variables independientes. No existen diferencias significativas entre las puntuaciones HRV pre y las puntuaciones HRV post en función de las variables psicológicas, tal y como evidenciaban las ANOVAS.

Las correlaciones entre los distintos índices HRV sí fueron positivas y significativas (ver Tabla 6), lo que sugiere que las personas con una HF-HRV más elevada, mantienen también un nivel más elevado a lo largo del S1 del test y de la fase post. La correlación entre las variables hf_pre y hf_s1 es $r(54)=.311$, $p=.022$; y entre hf_pre y hf_post es $r(54)=.336$, $p=.013$. Estos hallazgos sugieren que las personas con HRV más elevadas, parecieran tolerar mejor el estrés por presentar una mayor activación de la rama parasimpática durante el mismo.

Tabla 6.

Matriz de correlaciones entre HF-HRV en las fases pre, s1 y post.

Matriz de Correlaciones				
		hf_pre	hf_post	hf_s1
hf_pre	R de Pearson	—		
	valor p	—		
hf_post	R de Pearson	0.336 *	—	
	valor p	0.013	—	
hf_s1	R de Pearson	0.311 *	0.369 **	—

Matriz de Correlaciones			
	hf_pre	hf_post	hf_s1
valor p	0.022	0.006	—

Nota. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Por último, y al contrario de lo que se proponía en la primera hipótesis, se ha encontrado una correlación positiva entre neuroticismo y la HF-HRV en la fase S1 de la condición experimental $r(54)=.276$, $p=.044$ (Ver Tabla 14 en anexo).

Dado que los análisis con el resto de los indicadores (LF y HF/LF) daban como resultado resultados similares y no significativos, se ha decidido prescindir de su presentación en el presente trabajo utilizando para todos los análisis los valores en LnRMSSD y en HF.

4.4. Regresión lineal.

La regresión lineal para cualquiera de las variables de personalidad y la diferencia entre el valor LnRMSSD pre – LnMRSSD post tampoco ha sido significativa como se aprecia en la tabla 7 para la variable neuroticismo. Es decir, una mayor o menor diferencias entre los valores pre y post no ha salido como variable predictora de niveles más altos o más bajos de ansiedad, neuroticismo, ni afecto negativo o positivo.

Tabla 7.

Regresión lineal para la variable neuroticismo y la diferencia pre-post en LnRMSSD HRV.

Coeficientes del Modelo - Neuroticismo				
Predictor	Estimador	EE	t	p
Constante	21.426	1.23	17.4333	< .001

Coeficientes del Modelo - Neuroticismo

Predictor	Estimador	EE	t	p
Diff	0.304	3.35	0.0907	0.928

Este mismo análisis se llevó a cabo con el valor de la diferencia entre los valores LnRMSSD pre y LnRMSSD S1 por ser el momento de la condición experimental en el que las diferencias en el nivel de estrés entre los sujetos eran significativas y con la puntuación de neuroticismo. Los resultados no fueron significativos para neuroticismo ni el resto de variables psicológicas. Es decir, este valor no puede predecir las puntuaciones en las variables de personalidad (ver Tabla 8).

Tabla 8.

Regresión lineal para la variable neuroticismo y la diferencia pre-S1 en valores LnRMSSD HRV.

Coeficientes del Modelo - Neuroticismo

Predictor	Estimador	EE	t	p
Constante	21.71	1.41	15.445	< .001
Diff pre_S1	1.06	2.51	0.421	0.675

5. DISCUSIÓN

Este trabajo de investigación, junto con los resultados hallados, llevan a la conclusión principal de que la HRV no ha sido un biomarcador lo suficientemente sensible para discriminar las diferencias del nivel de salud mental de la muestra que ha sido objeto del estudio. Es decir, no existen relaciones significativas entre las variables de personalidad ansiedad-rasgo, neuroticismo o valencia del afecto predominante con la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca en un estado de reposo, de estrés o de recuperación

para esta muestra subclínica. Serían necesarias más investigaciones para determinar si estos resultados se deben a que verdaderamente el efecto entre las variables es pequeño, al tamaño muestral u otras variables contaminadoras y limitaciones del estudio.

Por el contrario, los resultados indican que las diferencias significativas en la HRV encontradas entre la fase pre de reposo y la fase S1 de anticipación de la tarea estresante, son igualmente para todos los sujetos y, por tanto, se infiere que es la tarea estresante y no las variables de personalidad, al menos, parcialmente responsable de este cambio en HRV. No se puede asumir que una HRV más elevada en un estado de reposo presente niveles más bajos de ansiedad o neuroticismo que otra persona con una HRV más baja. Del mismo modo, tampoco se puede asumir que las personas con niveles más bajos de neuroticismo, ansiedad y afecto negativo obtengan una recuperación más rápida en su HRV tras la tarea estresante. Por tanto, la HRV no se presenta como posible predictor de rasgos de personalidad indicativos de salud tal y como demuestran las regresiones lineales del estudio.

El pequeño tamaño muestral y el origen del mismo, ha hecho contar con unas puntuaciones que representan un estado de salud mental elevado, o lo que es lo mismo, unos niveles de ansiedad, neuroticismo y afecto positivo y negativo medios bajos. Por tanto, se requieren futuras investigaciones para determinar si estos resultados son fruto del tamaño muestral y de su homogeneidad o si existen otras variables que influyen en el resultado.

Sin embargo, y en relación con las investigaciones citadas, sí se encuentran correlaciones positivas significativas entre las distintas puntuaciones de HF-HRV a lo largo de las distintas fases de la condición experimental. En base a la literatura científica,

este resultado podría interpretarse como que las personas con HF-HRV más alta a lo largo de los tres momentos, podrían ser más tolerantes al estrés psicológico. En este supuesto caso, sería necesario medir la sensación de estrés subjetiva de los participantes con la escala correspondiente.

5.1 Limitaciones y futuras líneas de investigación

Las limitaciones más notorias del estudio son por un lado, el tamaño muestral y, sobre todo, la escasa diversidad inter sujeto, es decir, que estos 54 participantes sean en su mayoría estudiantes jóvenes de la Universidad Pontificia de Comillas.

Por otro lado, la adaptación del protocolo TSST ha podido influir considerablemente en los resultados. En concreto haber dado la opción de hacer respiraciones diafragmáticas o no hacerlas en la consigna de la fase pre ha podido provocar que haya sujetos que consiguieran un estado de relajación superior que otros, sumándose a las variables no controladas.

Otro punto de mejora reside en aumentar el tiempo de medición. Pasar de ultracorto plazo (<5min) a corto plazo con una medición de la HRV que supere los 5 minutos. Esto supondría poder asegurarse de que el valor final de HRV se trata de un valor realmente representativo del tono vagal en el día a día de la persona. Aunque las medidas de ultracorto plazo han resultado ser fiables en algunos estudios, en otros se encuentran controversias en cuanto a su uso para inferir y para ser interpretadas.

Por otro lado, cabe decir que la HRV es muy sensible a multitud de variables como la edad, ser fumador, la actividad física realizada, medicamentos ingeridos, horas de sueño de la noche previa a la medida, café o nicotina presentes en el organismo 2 horas

antes del registro etcétera. Se trata de importantes variables moduladoras que deben considerarse en el análisis y que en el presente estudio no se han controlado por la pequeña representación que tenían.

A la vista de las conclusiones sacadas de la investigación, parece más plausible pensar que la HRV sea un mejor predictor de la tolerancia al estrés percibido en población subclínica. Aunque esto tendría relación con el nivel de psicopatología (mayor sensibilidad al estrés, mayor psicopatología), posiblemente se encontrarían mayores diferencias interpersonales, ya que, se entiende que una persona puede ser sensible al estrés, pero también puede contar con recursos y estrategias adecuadas para afrontarlo. Al fin y al cabo, esto es un funcionamiento más representativo en población subclínica.

Por tanto, es importante investigar más para poder sortear todas estas limitaciones y aprovechar todo el potencial que este biomarcador sencillo, económico, transdiagnóstico, no invasivo y psicofisiológico, puede aportar a las nuevas metodologías diagnósticas, preventivas e incluso intervencionistas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aluja, A., Blanch, A., Solé, D., Dolcet, J. M., & Gallart, S. (2009). Versiones cortas del NEO-PI-R: El NEO-FFI frente al NEO-FFI-R. *Behavioral Psychology*, 17(2), 335-350. Doi:
- Beauchaine, T. P., Thayer, J. F., (2015). Heart rate variability as transdiagnostic biomarker of psychopathology. *Int J Psychophysiol*, 98 (2), 338–350. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.08.004
- Bessel van der Kolk, M.D. (2014). El cuerpo lleva la cuenta. Cerebro, mente y cuerpo en la superación del trauma. Eleftheria.
- Caspi, A., Moffitt, T. E. (2018). All for One and One for All: Mental Disorders in One Dimension. *American Journal of Psychiatry*, 175(9), 831-844. doi: 10.1176/appi.ajp.2018.17121383
- Chalmers, J.A., Quintana, D.S., Abbott, M.J., Kemp, A.H., (2014). Anxiety disorders are associated with reduced heart rate variability: a meta-analysis. *Front. Psychiatry*, 5, (80), 1-24. doi:10.3389/fpsy.2014.00080
- Clamor, A., Lincoln, T.M., Thayer, J.F., Koenig, J., (2016). Resting vagal activity in schizophrenia: a meta-analysis of heart rate variability as a potential endophenotype. *Br. J. Psychiatry*, (208), 9–16. doi: 10.1192/bjp.bp.114.160762.
- Costa, P. T., Jr., McCrae, R. R. (1992). Revised NEO Personality Inventory (NEO-PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI) professional manual. Psychological Assessment Resources.
- Esco, M. R., Flatt, A. A. (2014). Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: Evaluating the agreement with accepted recommendations. *Journal of Sports Science & Medicine*, (13), 535–54.
- Field, T., Diego, M., (2008). Vagal Activity, Early Growth and Emotional Development. *Infant Behav Dev*, 31(3), 361–373. doi: 10.1016/j.infbeh.2007.12.008.
- Fonfría, A., Poy, R., Segarra, P., López, R., Estelles, A., Ventura, C., Ribes, P., Moltó, J., (2011). Variabilidad de la tasa cardiaca (HRV) y regulación emocional. *Fòrum de recerca* (Repositorio uji.es) Recuperado de <http://hdl.handle.net/10234/77387>

- Geisler, F. C. M., Kubiak, T., Sievert, K., Weber, H., (2013). Cardiac vagal tone is associated with social engagement and self-regulation. *Biological Psychology*, 93, 279–286 doi: /10.1016/j.biopsycho.2013.02.013
- González-García, M., González López, J., (2017). Bases neurofisiológicas de mindfulness y compasión: una propuesta desde la teoría polivagal. *Mindfulness & Compassion*, 2, 101-11. doi.org/10.1016/j.mincom.2017.09.002
- Guillén-Riquelme, A., y Buela-Casal, A. (2011). Actualización psicométrica y funcionamiento diferencial de los ítems en el State Trait Anxiety Inventory (STAI). *Psicothema*, (23), 510-515.
- Hamilton, J. L., Alloy, B. L., (2016). Atypical reactivity of heart rate variability to stress and depression across development: Systematic review of the literature and directions for future research. *Clinical Psychology Review*, 50, 67–79. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cpr.2016.09.003>
- Hansen, A.L., Johnsen, B.H., Thornton, D., Waage, L., Thayer, J.F., (2007). Facets of psychopathy, heart rate variability and cognitive function. *J. Personal. Disord.* 21, 568–582. <http://dx.doi.org/10.1521/pedi.2007.21.5.568>.
- Hastings, P. D., Nuselovici, J. N., Utendale, T. W., Coutya, J., McShane, K., E., Sullivan, C. (2008). Applying the polyvagal theory to children's emotion regulation: social context, socialization, and adjustment. *Biol. Psychol*, 79, 229–306. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.07.005
- Heiss, S., Vaschillo, B., Vaschillo, E. G., Timko, A. C., Hormes, J. M., (2020). Heart rate variability as a biobehavioral marker of diverse psychopathologies: A review and argument for an “ideal range”. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 121, 144-155. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.12.004
- Laborde, S., Mosley, E., Thayer, J. F., (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Frontiers in Psychology*, 8 (213), doi: 10.3389/fpsyg.2017.00213
- López Gómez, I., G., Hervás y C., Vázquez (2015). Adaptación de las “escalas de afecto positivo y negativo” (PANAS) en una muestra general española. *Behavioral Psychology*, 23(3), 529-548.

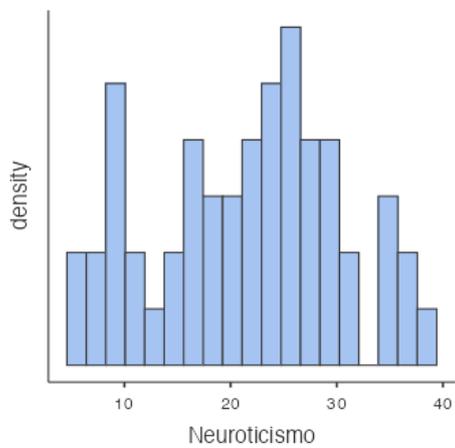
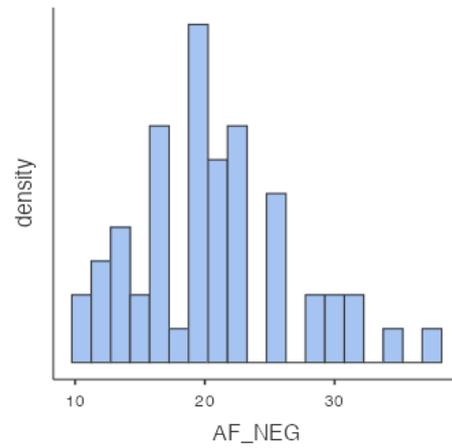
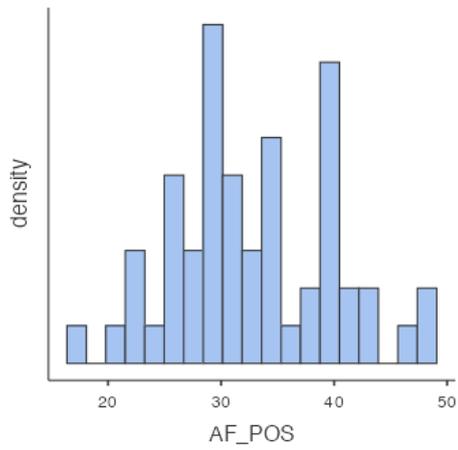
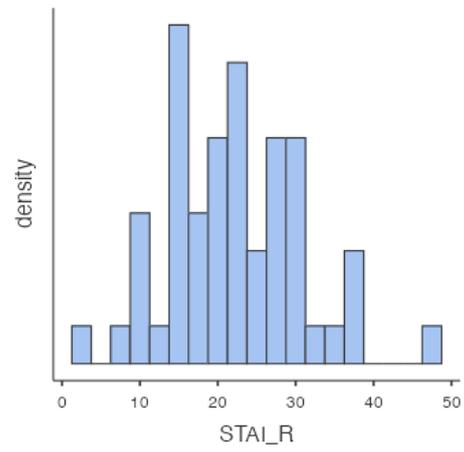
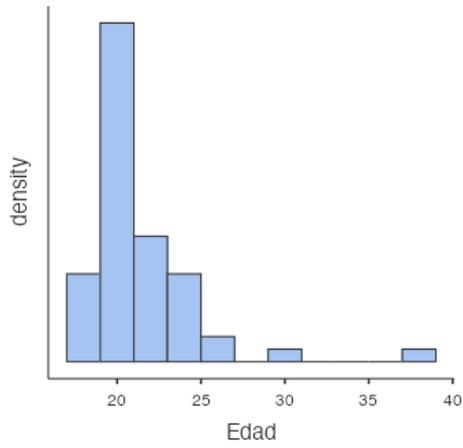
- Jarczok, M. N., Kleber, M. E., Koenig, J., Loerbroks, A., M. Herr, R. Hoffmann, K., Fisher, E. J., Benyamini, Y., Thayer, F., J., (2015). Investigating the Associations of Self-Rated Health: Heart Rate Variability Is More Strongly Associated than Inflammatory and Other Frequently Used Biomarkers in a Cross Sectional Occupational Sample. *PLoS ONE*, 10(2), 1-19. doi: 10.1371/journal.pone.0117196
- Kim, H., Cheon, E., Bai, D., Hwan Lee, Y., Kool, B., (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investig*, 5(3), 235-245. doi: 10.30773/pi.2017.08.17
- Kemp, A.H., Quintana, D.S., Gray, M.A., Felmingham, K.L., Brown, K., Gatt, J.M., (2010). Impact of depression and antidepressant treatment on heart rate variability: a review and meta-analysis. *Biol. Psychiatry* 67 (11), 1067–1074. doi: doi.org/10.1016/j.biopsych.2009.12.012
- Mazurak, N., Enck, P., Muth, E., Teufel, M., Zipfel, S., (2011). Heart rate variability as a measure of cardiac autonomic function in anorexia nervosa: a review of the literature. *Eur. Eat. Disord. Re*, 19, 87–99. doi:10.1002/erv.1081.
- McCarty R, Shaffer F. (2015). Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Glob. Adv. Health Med*, 4 (1), 46–61. doi:10.7453/gahmj.2014.073
- Mukeyk, S. B., J. du Plessis, A., (2018). Autonomic Nervous System Development and its' Impact on Neuropsychiatric Outcome. *Pediatr Res. Author*, 85(2), 120–126. doi:10.1038/s41390-018-0155-0
- Neuhaus, E., Bernier, R., Beauchaine, T.P., (2014). Social skills, internalizing and externalizing symptoms, and respiratory sinus arrhythmia in autism. *J. Autism Dev. Disord*, 44, 730–737. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-013-1923-7>.
- Nolty, A. A. C., Amano, S. S., Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Rensberger, J., (2020). Heart Rate Variability as an Index of Resilience. *Military Medicine*, 185, 363-369. doi:10.1093/milmed/usz325
- Ottaviani, C., Shapiro, D. y Couyoumdjian, A. (2013). Flexibility as the key for somatic health: From mind wandering to perseverative cognition. *Biological Psychology*, 94 (1), 38-43. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.05.003

- Perna, G., Riva, A., Defillo, A., Sangiorgio, E., Nobile, M., Caldirola, D., (2020). Heart rate variability: Can it serve as a marker of mental health resilience? Special Section on “Translational and Neuroscience Studies in Affective Disorders” Section Editor, Maria Nobile MD, PhD. *Journal of Affective Disorders*, 263, 754–761. doi: /10.1016/j.jad.2019.10.017
- Porges, W. S. (1995). Cardiac Vagal Tone: A Physiological Index of Stress. *Pergamon*, 19 (2), 225-23.
- Porges, S. (1995). Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology*, 32 (4), 301-318. doi: 10.1111/j.1469-8986.1995.tb01213.x.
- Porges, W. S. (1992). El tono vagal: Un indicador fisiológico de la vulnerabilidad al estrés. *Pediatrics*, 90 (3), 498-504.
- Porges, W.S. (2007). The Polyvagal perspective. *Biological Psychology*, 74 (2007) 116–143. doi: 10.1016/j.biopsycho.2006.06.009
- Quintana, D.S., McGregor, I.S., Guastella, A.J., Malhi, G.S., Kemp, A.H., (2013). A metaanalysis on the impact of alcohol dependence on short-term resting-state heart rate variability: implications for cardiovascular risk. *Alcohol. Clin. Exp. Res.* 37 10.1111/j.1530-0277.2012.01913.x
- Shaffer, F., Ginsberg, J. P., (2017). An Overview of Heart Rate variability. Metrics and Norms. *Frontiers in Psychology*, 5 (258), doi:10.3389/fpubh.2017.00258
- Shaffer, F., McCraty, R., Zerr, C. L., (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, 5 (1040), 1-19. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01040
- Suess, P.A., Porges, S.W., Plude, D.J., (1994). Cardiac vagal tone and sustained attention in school age children. *Psychophysiology* 31, 17–22. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.1994.tb01020.x>.
- Steinfurth, E. C. K., Wendt, J., Geisler, F., Hamm, A. O., Thayer, J. F., Koenig, J., (2018). Resting State Vagally-Mediated Heart Rate Variability Is Associated With Neural Activity During Explicit Emotion Regulation. *Frontiers in Neuroscience*, 12 (794), doi: 10.3389/fnins.2018.00794

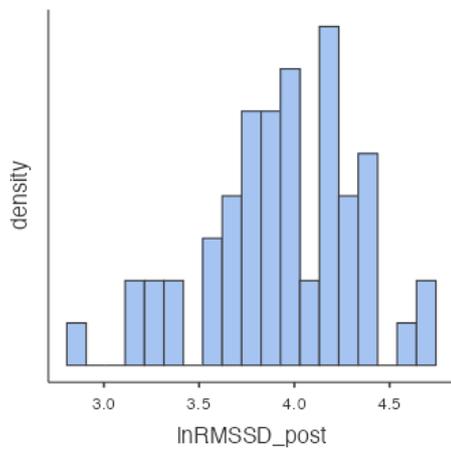
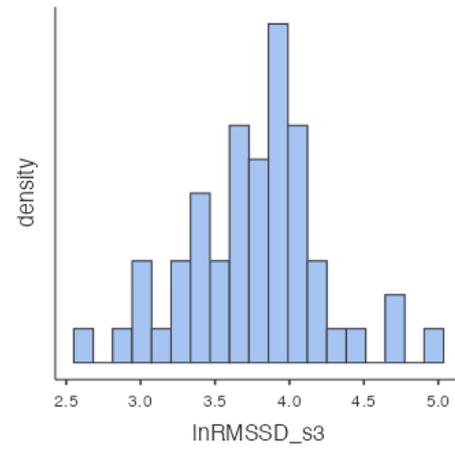
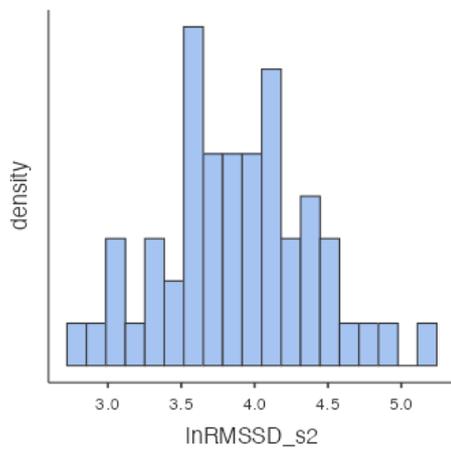
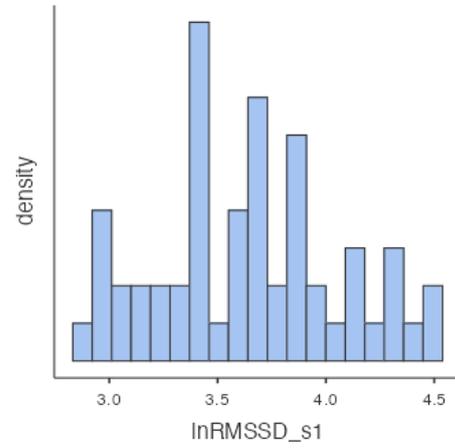
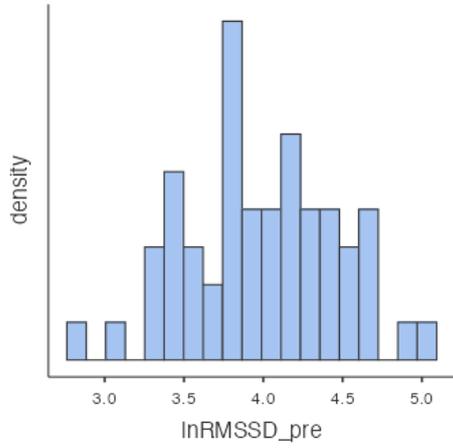
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R. E. (1970). STAI manual for the State-Trait Anxiety Inventory. *Consulting Psychologists Press*.
- Thayer, F. J., Lane, D. R., (2008). Claude Bernard and the heart–brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 81–88. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.08.004
- Thayer, J.F., Hansen, A.L., Saus-Rose, E., Helge Johnsen, B., (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann. Behav. Med*, 37, 141–153 <http://dx.doi.org/10.1007/s12160-009-9101-z>.
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S. y Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International Journal of Cardiology*, 141 (2), 122-131. doi: 10.1016/j.ijcard.2009.09.543.
- Veloza, L., Jiménez, C., Quiñones, D., Polanía, F., Pachón-Valero, C. L., Rodríguez-Triviño, C. Y., (2019). Variabilidad de la frecuencia cardiaca como predictor de las enfermedades cardiovasculares. *Rev Colomb Cardiol*, 26 (4), 205-210. doi: 10.1016/j.rccar.2019.01.006
- Watson, D., Clark, L. A., Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>

ANEXO

GRÁFICOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES



GRÁFICOS DE LA HRV CALCULADO CON LN RMSSD



TABLAS DE ANOVAS DE MEDIDAS REPETIDAS

Tabla 9.

Variación las puntuaciones HRV a lo largo de las fases de la condición experimental en función del nivel de ansiedad-rasgo.

Efectos Dentro de los Sujetos

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
Nivel de estrés	2.36	4	0.5903	5.91	<.001	0.169
Nivel de estrés * STAI_R	13.65	96	0.1422	1.42	0.035	0.541
Residual	11.59	116	0.0999			

Nota. Suma de Cuadrados Tipo 3

Tabla 10.

Variación las puntuaciones HRV a lo largo de las fases de la condición experimental en función del afecto positivo.

Efectos Dentro de los Sujetos

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
Nivel de estrés	2.57	4	0.643	5.054	<.001	0.144
Nivel de estrés * AF_POS	9.97	92	0.108	0.851	0.791	0.395
Residual	15.27	120	0.127			

Nota. Suma de Cuadrados Tipo 3

Tabla 11.

Variación las puntuaciones HRV a lo largo de las fases de la condición experimental en función del afecto negativo.

Efectos Dentro de los Sujetos

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
Nivel de estrés	2.06	4	0.516	4.156	0.003	0.112
Nivel de estrés * AF_NEG	8.87	80	0.111	0.893	0.706	0.351
Residual	16.37	132	0.124			

Nota. Suma de Cuadrados Tipo 3

Tabla 12.

Variación de las puntuaciones HRV a lo largo de las fases de la condición experimental en función del grado de neuroticismo.

Efectos Dentro de los Sujetos

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
Nivel de estrés	2.41	4	0.603	5.54	< .001	0.187
Nivel de estrés * Neuroticismo	14.78	116	0.127	1.17	0.215	0.586
Residual	10.46	96	0.109			

Nota. Suma de Cuadrados Tipo 3

Tabla 13.

Supuesto de esfericidad.

Pruebas de Esfericidad

	W de Mauchly	p	ϵ de Greenhouse-Geisser	ϵ de Huynh-Feldt
Nivel de estrés	0.496	0.074	0.769	0.894

Tabla 14.*Análisis Post Hoc de las diferencias en HRV en función de la puntuación STAI_R.*

Comparaciones Post Hoc - Nivel de estrés

Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{Tukey}
Nivel de estrés	Nivel de estrés					
Pre	- S1	0.2862	0.0795	24.0	3.601	0.011
	- S2	0.0444	0.0924	24.0	0.480	0.988
	- S3	0.1951	0.0816	24.0	2.391	0.152
	- Post	0.0615	0.0600	24.0	1.026	0.841
S1	- S2	-0.2418	0.0617	24.0	-3.922	0.005
	- S3	-0.0911	0.0737	24.0	-1.236	0.731
	- Post	-0.2247	0.0648	24.0	-3.467	0.016
S2	- S3	0.1507	0.0638	24.0	2.363	0.160
	- Post	0.0172	0.0610	24.0	0.281	0.999
S3	- Post	-0.1336	0.0703	24.0	-1.901	0.344

Tabla 15.*Análisis Post Hoc de las diferencias en HRV en función del nivel de estrés inducido.*

Comparaciones Post Hoc - Nivel de estrés

Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{Tukey}
Nivel de estrés	Nivel de estrés					
Pre	- S1	0.2849	0.0663	53.0	4.295	< .001
	- S2	0.0457	0.0773	53.0	0.592	0.976
	- S3	0.1945	0.0772	53.0	2.518	0.102
	- Post	0.0599	0.0497	53.0	1.204	0.749
S1	- S2	-0.2392	0.0584	53.0	-4.094	0.001
	- S3	-0.0904	0.0777	53.0	-1.163	0.772
	- Post	-0.2250	0.0625	53.0	-3.599	0.006
S2	- S3	0.1488	0.0629	53.0	2.364	0.141
	- Post	0.0141	0.0627	53.0	0.226	0.999
S3	- Post	-0.1346	0.0635	53.0	-2.121	0.227

Tabla 16.

Medias marginales estimadas del nivel de estrés en las diferentes fases.

Medias Marginales Estimadas - Nivel de estrés

Nivel de estrés	Media	EE	Intervalo de Confianza al 95%	
			Inferior	Superior
Pre	3.99	0.0654	3.86	4.13
S1	3.71	0.0725	3.56	3.86
S2	3.95	0.0649	3.82	4.08
S3	3.80	0.0605	3.67	3.92
Post	3.93	0.0630	3.80	4.06

MATRIZ DE CORRELACIONES

Tabla 17.

Matriz de correlaciones variables independientes – HF-HRV

Matriz de Correlaciones

		STAI_R	AF_POS	AF_NEG	Neuroticismo	hf_pre	hf_s1	hf_s2	hf_s3	hf_post
STAI_R	R de Pearson	—								
	valor p	—								
AF_POS	R de Pearson	-0.633 ***	—							
	valor p	< .001	—							
AF_NEG	R de Pearson	0.622 ***	-0.364 **	—						
	valor p	< .001	0.007	—						
Neuroticismo	R de Pearson	0.823 ***	-0.481 ***	0.725 ***	—					
	valor p	< .001	< .001	< .001	—					
hf_pre	R de Pearson	0.085	-0.112	0.160	0.103	—				
	valor p	0.542	0.421	0.247	0.460	—				
hf_s1	R de Pearson	0.210	-0.167	0.253	0.276 *	0.311 *	—			
	valor p	0.128	0.229	0.065	0.044	0.022	—			
hf_s2	R de Pearson	0.166	-0.206	0.093	0.175	0.123	0.240	—		
	valor p	0.231	0.136	0.502	0.206	0.376	0.080	—		
hf_s3	R de Pearson	0.081	-0.246	-0.148	0.006	-0.046	0.109	0.228	—	
	valor p	0.559	0.073	0.285	0.967	0.742	0.432	0.097	—	
hf_post	R de Pearson	0.111	-0.085	0.077	0.086	0.336 *	0.369 **	0.247	0.311 *	—
	valor p	0.424	0.543	0.579	0.536	0.013	0.006	0.072	0.022	—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001